

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年12月16日

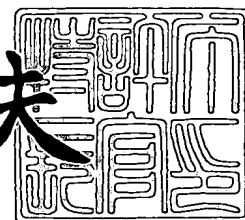
出願番号
Application Number: 特願2003-418518
[ST. 10/C]: [JP2003-418518]

出願人
Applicant(s): 三菱電機株式会社

2004年 1月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3111615

【書類名】 特許願
【整理番号】 548054JP01
【提出日】 平成15年12月16日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 2/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 松本 啓資
【特許出願人】
 【識別番号】 000006013
 【氏名又は名称】 三菱電機株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100064746
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 深見 久郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100085132
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 森田 俊雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100083703
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 仲村 義平
【選任した代理人】
 【識別番号】 100096781
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 堀井 豊
【選任した代理人】
 【識別番号】 100098316
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 野田 久登
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109162
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 酒井 將行
【国等の委託研究の成果に係る記載事項】 平成15年度、新エネルギー・産業技術総合
開発機構、「フォトニックネットワーク技術の開発事業」委託研
究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 008693
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

直流光が入力される直流光入力ポートと、
前記直流光を第 1 の直流光と第 2 の直流光とに分岐する分岐部と、
前記第 1 の直流光の位相を調整して第 3 の直流光を出力する位相制御用素子と、
入力信号光が入力される信号光入力ポートと、
前記入力信号光と前記第 3 の直流光とを合波する合波部と、
前記第 3 の直流光を増幅して第 4 の直流光を出力するとともに前記入力信号光を受けて屈折率に変化する第 1 の半導体光増幅器と、
前記第 2 の直流光を増幅して第 5 の直流光を出力する第 2 の半導体光増幅器と、
前記第 4 の直流光と前記第 5 の直流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える、光機能素子。

【請求項 2】

直流光が入力される直流光入力ポートと、
前記直流光を第 1 の直流光と第 2 の直流光とに分岐する分岐部と、
前記第 1 の直流光の位相を調整して第 3 の直流光を出力する位相制御用素子と、
入力信号光が入力される信号光入力ポートと、
前記第 3 の直流光を増幅して第 4 の直流光を出力するとともに前記入力信号光を受けて屈折率に変化する第 1 の半導体光増幅器と、
前記第 2 の直流光を増幅して第 5 の直流光を出力する第 2 の半導体光増幅器と、
前記第 4 の直流光と前記第 5 の直流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える、

前記入力信号光は、前記第 1 の半導体光増幅器と前記信号光出力ポートとの間から入力される、光機能素子。

【請求項 3】

直流光が入力される直流光入力ポートと、
前記直流光を第 1 の直流光と第 2 の直流光とに分岐する分岐部と、
入力信号光が入力される信号光入力ポートと、
前記入力信号光と前記第 1 の直流光とを合波する合波部と、
前記第 1 の直流光を増幅して第 3 の直流光を出力するとともに前記入力信号光を受けて屈折率に変化する第 1 の半導体光増幅器と、
前記第 3 の直流光の位相を調整して第 4 の直流光を出力する位相制御用素子と、
前記第 2 の直流光を増幅して第 5 の直流光を出力する第 2 の半導体光増幅器と、
前記第 4 の直流光と前記第 5 の直流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える、光機能素子。

【請求項 4】

直流光が入力される直流光入力ポートと、
前記直流光を第 1 の直流光と第 2 の直流光とに分岐する分岐部と、
入力信号光が入力される信号光入力ポートと、
前記第 1 の直流光を増幅して第 3 の直流光を出力するとともに前記入力信号光を受けて屈折率に変化する第 1 の半導体光増幅器と、
前記第 3 の直流光の位相を調整して第 4 の直流光を出力する位相制御用素子と、
前記第 2 の直流光を増幅して第 5 の直流光を出力する第 2 の半導体光増幅器と、
前記第 4 の直流光と前記第 5 の直流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える、
前記入力信号光は、前記位相制御用素子と前記第 1 の半導体光増幅器との間から入力される、光機能素子。

【請求項 5】

直流光が入力される直流光入力ポートと、
前記直流光を第 1 の直流光と第 2 の直流光とに分岐する分岐部と、
入力信号光が入力される信号光入力ポートと、

前記入力信号光と前記第 1 の直流光とを合波する合波部と、
前記第 1 の直流光を増幅して第 3 の直流光を出力するとともに前記入力信号光を受けて屈折率が変化する第 1 の半導体光増幅器と、
前記第 2 の直流光の位相を調整して第 4 の直流光を出力する位相制御用素子と、
前記第 4 の直流光を増幅して第 5 の直流光を出力する第 2 の半導体光増幅器と、
前記第 4 の直流光と前記第 5 の直流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える、光機能素子。

【請求項 6】

前記光機能素子は、波長変換器として用いられる、請求項 1～5 のいずれかに記載の光機能素子。

【請求項 7】

半導体基板上に、第 1 導電型のクラッド層、光増幅層、および第 2 導電型の第 1 クラッド層を順に形成する光導波層製造工程と、

前記第 1 および第 2 導電型のクラッド層の一部を第 3 導電型のクラッド層に、前記光増幅層の一部を光導波層に、それぞれ組成変化させる導波路製造工程と、

前記第 1 導電型のクラッド層、前記光増幅層、および前記第 2 導電型の第 1 クラッド層の一部をそれぞれ除去することによって導波路リッジを形成する導波路リッジ製造工程と

、
前記導波路リッジの両側面に、第 1 導電型の半導体ブロックを埋め込むように第 2 導電型の半導体層をそれぞれ形成し、前記第 2 導電型の半導体層および前記第 2 導電型の第 1 クラッド層の上部に、第 2 導電型の第 2 クラッド層、およびコンタクト層が順に形成される埋込成長製造工程と、

前記コンタクト層の上面に絶縁層を形成し、該絶縁層の一部を除去して該箇所にコンタクト用電極を形成する表面電極製造工程と、

前記半導体基板の裏面に電極を形成する裏面電極製造工程とを含む、光機能素子の製造方法。

【書類名】明細書**【発明の名称】光機能素子およびその製造方法****【技術分野】****【0001】**

この発明は、光機能素子およびその製造方法に関し、より特定的には、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎とする光機能素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、光ファイバの伝送容量を高める波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplex) 技術が注目されている。WDM技術を用いることにより、敷設済み光ファイバの伝送能力を一気に数十倍以上に高めることができる。多波長の光波ネットワークにおいて用いられる光機能素子の一つとして波長変換器がある。波長変換器は、WDM光通信技術において欠くことのできない重要な光デバイスの一つである。

【0003】

波長変換器は、入力信号光の波長を当該波長と異なる他の波長に変換する。波長変換を行なうことにより、光波ネットワークの異なる地点に波長ルーティングを行なうことができる。これにより、将来の全光ネットワーク構築が可能となる。

【0004】

従来の波長変換器は、一例として、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎としており、直流光を介して入力信号光と異なる波長の出力信号光を出力する。非特許文献1に記載された従来の波長変換器は、直流光の増幅および屈折率変調を行なう半導体光増幅器 (SOA: Semiconductor Optical Amplifier) の他に、位相制御用素子を有している。位相制御用素子は、マッハ・ツェンダー干渉計の両アームにそれぞれ分岐された直流光の位相差を調整するための素子である。半導体光増幅器の他に位相制御用素子を設けることによって、出力信号光の消光比を改善することができる。

【非特許文献1】 ラトベロマナナ (F. Ratovelomanana)、外8名、「位相シフタセクションによる、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎とした、全光波長変換器における再生効率の改善 (Regeneration improvement in all-optical wavelength converter, based on a Mach-Zehnder interferometer, by means of phase-shifter section)」, エレクトロニクス・レターズ (Electronics Letters), 英国電気学会 (IEE: Institute of Electrical Engineers), 1997年9月11日, 第33巻, 第19号, pp. 1629-1630

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、従来の波長変換器 (光機能素子) は、直流光のみならず入力信号光もマッハ・ツェンダー干渉計の位相制御用素子を通過する構造となっている場合がある。この場合、入力信号光がどこから入力されるかによっては、入力信号光の強度が位相制御用素子で減衰するなどの不具合が生じるという問題点があった。

【0006】

それゆえに、この発明の目的は、入力信号光の強度が位相制御用素子によって減衰しない光機能素子およびその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

この発明による光機能素子は、直流光が入力される直流光入力ポートと、直流光を第1の直流光と第2の直流光とに分岐する分岐部と、第1の直流光の位相を調整して第3の直流光を出力する位相制御用素子と、入力信号光が入力される信号光入力ポートと、入力信号光と第3の直流光とを合波する合波部と、第3の直流光を増幅して第4の直流光を出力するとともに入力信号光を受けて屈折率が変化する第1の半導体光増幅器と、第2の直流光を増幅して第5の直流光を出力する第2の半導体光増幅器と、第4の直流光と第5の直

流光とを合波して出力する信号光出力ポートとを備える。

【0008】

この発明による光機能素子の製造方法は、半導体基板上に、第1導電型のクラッド層、光増幅層、および第2導電型の第1クラッド層を順に形成する光導波層製造工程と、第1および第2導電型のクラッド層の一部を第3導電型のクラッド層に、光増幅層の一部を光導波層に、それぞれ組成変化させる導波路製造工程と、第1導電型のクラッド層、光増幅層、および第2導電型の第1クラッド層の一部をそれぞれ除去することによって導波路リッジを形成する導波路リッジ製造工程と、導波路リッジの両側面に、第1導電型の半導体ブロックを埋め込むように第2導電型の半導体層をそれぞれ形成し、第2導電型の半導体層および第2導電型の第1クラッド層の上部に、第2導電型の第2クラッド層、およびコンタクト層が順に形成される埋込成長製造工程と、コンタクト層の上面に絶縁層を形成し、該絶縁層の一部を除去して該箇所コンタクト用電極を形成する表面電極製造工程と、半導体基板の裏面に電極を形成する裏面電極製造工程とを含む。

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、入力信号光の光強度は、位相制御用素子によって減衰しない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0011】

図1は、この発明の実施の形態による波長変換器（光機能素子）を説明する背景としての波長変換器500の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0012】

図1を参照して、波長変換器500は、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎としており、直流光入力ポート510と、信号光入力ポート520と、信号光出力ポート530と、分岐部610と、合波部620、630と、アーム710、720と、半導体光増幅器（SOA）810、820とを備える。

【0013】

直流光入力ポート510から入力される直流光 P_c （波長 λ_c ）は、分岐部610において、アーム710とアーム720とに分岐される。アーム710、720にそれぞれ分岐された直流光 P_c は、半導体光増幅器810、820においてそれぞれ増幅される。半導体光増幅器810、820においてそれぞれ増幅された光は、合波部630において合波される。合波部630において合波された光は、信号光出力ポート530から出力信号光 P_o （波長 λ_c ）として出力される。

【0014】

一方、信号光入力ポート520から入力される入力信号光 P_s （波長 λ_s ）は、合波部620を介してアーム710の半導体光増幅器810に入力される。半導体光増幅器810に入力信号光 P_s が入力されることによって、分岐部610からアーム710に分岐される直流光 P_c の位相が変化する。このように、入力信号光に応じて、半導体光増幅器に入力される直流光の位相を変化させることを、相互位相変調（XPM: Cross Phase Modulation）と呼ぶ。

【0015】

XPM効果により、図1に示すように変調された入力信号光 P_s （波長 λ_s ）が入力されると、それに応じて出力信号光 P_o （波長 λ_c ）も変調を受ける。つまり、波長 λ_s の入力信号光 P_s は、XPM効果によって、波長 λ_c の出力信号光 P_o に波長変換されたと見ることができる。図2～4を参照して、これまで説明した波長変換器500を例に、XPM効果による波長変換の動作原理を説明する。

【0016】

図2は、半導体光増幅器810に入力される入力信号光 P_s の強度に応じて、半導体光

増幅器 810 中のキャリア密度がどのように変化するかを示した図である。

【0017】

図2に示すように、入力信号光 P_s の強度が増大すると、それに応じて半導体光増幅器 810 における誘導放出が増加する。半導体光増幅器 810 における誘導放出が増加すると、半導体光増幅器 810 中のキャリア密度が減少する。半導体光増幅器 810 中のキャリア密度が減少すると、プラズマ効果によって、半導体光増幅器 810 の屈折率が変化する。

【0018】

図3は、半導体光増幅器 810 に入力される入力信号光 P_s の強度に応じて、直流光 P_c の分岐間位相差がどのように変化するかを示した図である。

【0019】

図2において説明したように、入力信号光 P_s の強度が増大すると、それに応じて半導体光増幅器 810 の屈折率が変化する。半導体光増幅器 810 の屈折率が変化すると、それだけ半導体光増幅器 810 と半導体光増幅器 820 との間の屈折率差が大きくなる。そのため、図3に示すように、入力信号光 P_s の強度が増大すると、それに応じて直流光 P_c の分岐間位相差が大きくなる。なお、位相の性質により、直流光 P_c の分岐間位相差は、単調に増大するのではなく、実質的には、入力信号光 P_s の強度に応じて 0 から π の間で循環的に変化する。

【0020】

図4は、波長変換器 500 に入力される入力信号光 P_s の強度に応じて、出力信号光 P_o の強度がどのように変化するかを示した図である。

【0021】

図3において説明したように、入力信号光 P_s の強度が増大すると、それに応じて直流光 P_c の分岐間位相差が 0 から π の間で循環的に変化する。直流光 P_c の分岐間位相差が 0 から π の間で循環的に変化的ることにより、直流光 P_c が分岐・合波して出力される出力信号光 P_o の強度も、図4に示すように、直流光 P_c の分岐間位相差に合わせて変化する。その結果、入力信号光 P_s (波長 λ_s) が図4に示すように変調されると、それに応じて出力信号光 P_o (波長 λ_c) も変調を受ける。

【0022】

以上のような動作原理により、波長変換器 500 は、波長 λ_s の入力信号光 P_s を波長 λ_c の出力信号光 P_o に波長変換する。次に、マッハ・ツェンダー干渉計のアームに、半導体光増幅器 (SOA) の他に位相制御用素子を設けた波長変換器 100 の構成について説明する。位相制御用素子は、マッハ・ツェンダー干渉計の両アームにそれぞれ分岐された直流光の位相差を調整することによって、出力信号光の消光比を改善するための素子である。

【0023】

なお、以下では、半導体光増幅器 (SOA) という用語の代わりに、半導体光増幅器の最上面に一般に形成される「主電極」という用語を用いることにする。また、位相制御用素子という用語の代わりに、位相制御用素子の最上面に一般に形成される「補助電極」という用語を用いることにする。半導体光増幅器および位相制御用素子の具体的な構造の一例については、実施の形態 8 において製造方法とともに説明する。また、以下では、分岐部と合波部とを一括して分岐部と呼ぶ。

【0024】

図5は、この発明の実施の形態による波長変換器を説明する背景としての波長変換器 100 の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0025】

図5を参照して、波長変換器 100 は、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎としており、分岐部 111 ~ 114 と、アーム 121, 122 と、主電極 131, 132 と、補助電極 141, 142 とを備える。アーム 121, 122 を含む光経路は、導波路によって形成される。ここで、ポート 1 から直流光が入力される場合、ポート 2 からは出力信号光が出

力される。逆に、ポート 2 から直流光が入力される場合、ポート 1 からは出力信号光が出力される。また、入力信号光は、ポート 3 またはポート 4 から入力される（直流光、入力信号光、および出力信号光の意味は、図 1～4 の説明を参照）。

【0026】

図 5 に示すように、ポート 1 は、分岐部 111 において、アーム 121 とアーム 122 とに分岐される。ポート 2 は、分岐部 112 において、アーム 121 とアーム 122 とに分岐される。アーム 121 は、分岐部 113 において、ポート 1 とポート 3 とに分岐される。アーム 121 は、分岐部 114 において、ポート 2 とポート 4 とに分岐される。主電極 131 および補助電極 141 は、アーム 121 上の分岐部 113 と分岐部 114 との間に配置される。主電極 132 および補助電極 142 は、アーム 122 上の分岐部 111 と分岐部 112 との間に配置される。

【0027】

波長変換器 100 は、直流光のみならず入力信号光も補助電極 141 を通過する構造となっている。そのため、入力信号光の強度が補助電極 141 で減衰するなどの不具合が生じるという問題点があった。以下では、当該問題点を解決する波長変換器およびその製造方法について、実施の形態ごとに詳細に説明する。

【0028】

〔実施の形態 1〕

図 6 は、この発明の実施の形態 1 による波長変換器 10A の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0029】

図 6 を参照して、実施の形態 1 の波長変換器 10A は、マッハ・ツェンダー干渉計を基礎としており、分岐部 11～14 と、アーム 21, 22 と、主電極 31, 32 と、補助電極 41, 42 とを備える。アーム 21, 22 を含む光経路は、導波路によって形成される。

【0030】

ここで、ポート 1 から直流光が入力される場合、ポート 2 からは出力信号光が出力される。逆に、ポート 2 から直流光が入力される場合、ポート 1 からは出力信号光が出力される。また、入力信号光は、ポート 3 またはポート 4 から入力される（直流光、入力信号光、および出力信号光の意味は、図 1～4 の説明を参照）。

【0031】

図 6 に示すように、ポート 1 は、分岐部 11 において、アーム 21 とアーム 22 とに分岐される。ポート 2 は、分岐部 12 において、アーム 21 とアーム 22 とに分岐される。アーム 21 は、分岐部 13 において、ポート 1 とポート 3 とに分岐される。アーム 21 は、分岐部 14 において、ポート 2 とポート 4 とに分岐される。

【0032】

主電極 31 は、アーム 21 上の分岐部 13 と分岐部 14 との間に配置される。補助電極 41 は、アーム 21 上の分岐部 12 と分岐部 14 との間に配置される。主電極 32 および補助電極 42 は、アーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に配置される。ただし、主電極 32 はアーム 22 上のポート 1 側に、補助電極 42 はアーム 22 上のポート 2 側に、それぞれ配置されるものとする。このように補助電極 41, 42 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 41, 42 より先に主電極 31 に作用するため、補助電極 41, 42 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 41, 42 によって減衰しなくなる。

【0033】

また、アーム 21, 22 がポート 1～4 の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極 41, 42 をそれぞれ配置することにより、補助電極 41, 42 の付加によって波長変換器 10A の素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器 10A に入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0034】

以上のように、実施の形態 1 によれば、補助電極 4 1 をアーム 2 1 上の分岐部 1 2 と分岐部 1 4 との間に、補助電極 4 2 をアーム 2 2 上の分岐部 1 1 と分岐部 1 2 との間にそれぞれ配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 4 1, 4 2 によって減衰しなくなる。

【0035】

[実施の形態 2]

図 7 は、この発明の実施の形態 2 による波長変換器 10 B の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0036】

図 7 を参照して、実施の形態 2 の波長変換器 10 B は、補助電極 4 1 がアーム 2 1 上の分岐部 1 2 と分岐部 1 4 との間に配置され、補助電極 4 2 が除かれた点においてのみ、実施の形態 1 の波長変換器 10 A と異なる。したがって、実施の形態 1 と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0037】

このように補助電極 4 1 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 4 1 より先に主電極 3 1 に作用するため、補助電極 4 1 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 4 1 によって減衰しなくなる。

【0038】

また、アーム 2 1 がポート 1 ~ 4 の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極 4 1 を配置することにより、補助電極 4 1 の付加によって波長変換器 10 B の素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器 10 B に入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0039】

以上のように、実施の形態 2 によれば、補助電極 4 1 をアーム 2 1 上の分岐部 1 2 と分岐部 1 4 との間に配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 4 1 によって減衰しなくなる。

【0040】

[実施の形態 3]

図 8 は、この発明の実施の形態 3 による波長変換器 10 C の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0041】

図 8 を参照して、実施の形態 3 の波長変換器 10 C は、補助電極 4 1 がアーム 2 1 上の分岐部 1 1 と分岐部 1 3 との間に配置され、補助電極 4 2 が除かれた点においてのみ、実施の形態 1 の波長変換器 10 A と異なる。したがって、実施の形態 1 と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0042】

このように補助電極 4 1 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 4 1 より先に主電極 3 1 に作用するため、補助電極 4 1 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 4 1 によって減衰しなくなる。

【0043】

また、アーム 2 1 がポート 1 ~ 4 の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極 4 1 を配置することにより、補助電極 4 1 の付加によって波長変換器 10 C の素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器 10 C に入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0044】

以上のように、実施の形態 3 によれば、補助電極 4 1 をアーム 2 1 上の分岐部 1 1 と分岐部 1 3 との間に配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 4 1 によって減衰しなくなる。

【0045】

[実施の形態4]

図9は、この発明の実施の形態4による波長変換器10Dの構成を概略的に示した概略構成図である。

【0046】

図9を参照して、実施の形態4の波長変換器10Dは、補助電極41がアーム22上の分岐部11と分岐部12との間に配置され、補助電極42が除かれた点においてのみ、実施の形態1の波長変換器10Aと異なる。ただし、主電極32はアーム22上のポート1側に、補助電極42はアーム22上のポート2側に、それぞれ配置されるものとする。したがって、実施の形態1と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0047】

このように補助電極41を配置することによって、ポート3またはポート4から入力される入力信号光は、補助電極41より先に主電極31に作用するため、補助電極41の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極41によって減衰しなくなる。

【0048】

また、アーム22がポート1～4の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極41を配置することにより、補助電極41の付加によって波長変換器10Dの素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器10Dに入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0049】

以上のように、実施の形態4によれば、補助電極41をアーム22上の分岐部11と分岐部12との間に配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極41によって減衰しなくなる。

【0050】

[実施の形態5]

図10は、この発明の実施の形態5による波長変換器10Eの構成を概略的に示した概略構成図である。

【0051】

図10を参照して、実施の形態5の波長変換器10Eは、補助電極41がアーム22上の分岐部11と分岐部12との間に配置され、補助電極42が除かれた点においてのみ、実施の形態1の波長変換器10Aと異なる。ただし、主電極32はアーム22上のポート2側に、補助電極42はアーム22上のポート1側に、それぞれ配置されるものとする。したがって、実施の形態1と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0052】

このように補助電極41を配置することによって、ポート3またはポート4から入力される入力信号光は、補助電極41より先に主電極31に作用するため、補助電極41の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極41によって減衰しなくなる。

【0053】

また、アーム22がポート1～4の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極41を配置することにより、補助電極41の付加によって波長変換器10Eの素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器10Eに入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0054】

以上のように、実施の形態5によれば、補助電極41をアーム22上の分岐部11と分岐部12との間に配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極41によって減衰しなくなる。

【0055】

[実施の形態6]

図 11 は、この発明の実施の形態 6 による波長変換器 10 F の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0056】

図 11 を参照して、実施の形態 6 の波長変換器 10 F は、補助電極 41 がアーム 21 上の分岐部 11 と分岐部 13 との間に配置され、補助電極 42 がアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に配置され、補助電極 43 がアーム 21 上の分岐部 12 と分岐部 14 との間に付加され、補助電極 44 がアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に付加された点においてのみ、実施の形態 1 の波長変換器 10 A と異なる。ただし、補助電極 42 はアーム 22 上のポート 1 側に、補助電極 44 はアーム 22 上のポート 2 側に、主電極 32 はアーム 22 上の補助電極 42 と補助電極 44 との間に、それぞれ配置されるものとする。したがって、実施の形態 1 と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0057】

このように補助電極 41～44 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 41～44 より先に主電極 31 に作用するため、補助電極 41～44 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 41～44 によって減衰しなくなる。

【0058】

また、アーム 21, 22 がポート 1～4 の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極 41～44 を配置することにより、補助電極 41～44 の付加によって波長変換器 10 F の素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器 10 F に入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0059】

以上のように、実施の形態 6 によれば、補助電極 41 をアーム 21 上の分岐部 11 と分岐部 13 との間に、補助電極 42 をアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に、補助電極 43 をアーム 21 上の分岐部 12 と分岐部 14 との間に、補助電極 44 をアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間にそれぞれ配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 41～44 によって減衰しなくなる。

【0060】

[実施の形態 7]

図 12 は、この発明の実施の形態 7 による波長変換器 10 G の構成を概略的に示した概略構成図である。

【0061】

図 12 を参照して、実施の形態 7 の波長変換器 10 G は、補助電極 41 がアーム 21 上の分岐部 11 と分岐部 13 との間に配置され、補助電極 42 がアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に配置された点においてのみ、実施の形態 1 の波長変換器 10 A と異なる。ただし、主電極 32 はアーム 22 上のポート 2 側に、補助電極 42 はアーム 22 上のポート 1 側に、それぞれ配置されるものとする。したがって、実施の形態 1 と重複する部分の説明は、ここでは繰り返さない。

【0062】

このように補助電極 41, 42 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 41, 42 より先に主電極 31 に作用するため、補助電極 41, 42 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 41, 42 によって減衰しなくなる。

【0063】

また、アーム 21, 22 がポート 1～4 の入出力方向に対して傾斜している箇所に補助電極 41, 42 を配置することにより、補助電極 41, 42 の付加によって波長変換器 10 G の素子長が増大するのを抑制することができる。これにより、波長変換器 10 G に入力される直流光の伝搬損失を抑制することが可能となる。

【0064】

以上のように、実施の形態 7 によれば、補助電極 41 をアーム 21 上の分岐部 11 と分岐部 13 との間に、補助電極 42 をアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 41, 42 によって減衰しなくなる。

岐部 13 との間に、補助電極 42 をアーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間にそれぞれ配置することにより、入力信号光の強度は、補助電極 41, 42 によって減衰しなくなる。

【0065】

〔実施の形態 8〕

実施の形態 8 では、実施の形態 1～7 で説明した波長変換器 10A～10G の製造方法の一例として、波長変換器 10A の製造方法について詳細に説明する。当該製造方法は、波長変換器 10B～10G の製造方法にも適用することができる。

【0066】

図 13～18 は、この発明の実施の形態 8 による波長変換器 10A の製造方法を説明するための図である。

【0067】

図 13 (A) は、波長変換器 10A の製造方法における光増幅層の製造工程を示した上面図である。図 13 (B) は、図 13 (A) の断面線 P Q における波長変換器 10A の断面構造を示した断面図である。

【0068】

図 13 (B) を参照して、まず、n 型のインジウムリン (InP) 基板 51 上に、n 型の InP クラッド層 52、インジウムガリウム砒素リン (InGaAsP) 光増幅層 53、および p 型の InP クラッド層 54 を、順に全面に成長させる。次に、p 型の InP クラッド層 54 上の一部に、絶縁膜 55a をマスクする。以上に示した光増幅層の製造工程により、波長変換器 10A は、上面から見て、図 13 (A) のようになる。

【0069】

なお、図 13 (A) を参照して、絶縁膜 55a がマスクされるのは、後に主電極（半導体光増幅器）または補助電極（位相制御用素子）が形成される箇所（図 6 参照）である。また、図 13 (A) の波長変換器 10A 上に描かれた破線 WG は、後に導波路が形成される箇所（図 6 参照）を示したものである。図 13 に示した波長変換器 10A にエッチング処理を施すことにより、波長変換器 10A は、次の図 14 に示すように、絶縁膜 55a がマスクされているか否かに応じて選択成長する。

【0070】

図 14 (A) は、波長変換器 10A の製造方法における光導波層の製造工程を示した上面図である。図 14 (B) は、図 14 (A) の断面線 P Q における波長変換器 10A の断面構造を示した断面図である。

【0071】

図 14 (B) に示すように、エッチング処理された波長変換器 10A は、絶縁膜 55a がマスクされているか否かに応じて選択成長する。絶縁膜 55a がマスクされている箇所下部は、図 14 (B) に示すように、n 型の InP クラッド層 52、InGaAsP 光増幅層 53、および p 型の InP クラッド層 54 がそのまま残存する。なお、InGaAsP 光増幅層 53 は、導波路でもある。

【0072】

一方、絶縁膜 55a がマスクされていない箇所下部は、図 14 (B) に示すように、n 型の InP クラッド層 52 および p 型の InP クラッド層 54 が i 型の InP 層 56 に、InGaAsP 光増幅層 53 が InGaAsP 光導波層 57 にそれぞれ組成変化する。なお、当該組成変化は、図 14 (B) に示すように、絶縁膜 55a がマスクされている箇所下部にも一部および。以上に示した光導波層の製造工程により、波長変換器 10A は、上面から見て、図 14 (A) のようになる。

【0073】

図 15 (A) は、波長変換器 10A の製造方法における導波路の製造工程を示した上面図である。図 15 (B) は、図 15 (A) の断面線 S T における波長変換器 10A の断面構造を示した断面図である。

【0074】

図15(B)に示した波長変換器10Aは、図14に示した波長変換器10Aにマスクされた絶縁膜55aを除去し、導波路が形成される箇所に新たな絶縁膜55bをマスクしたものである。以上に示した導波路の製造工程により、波長変換器10Aは、上面から見て、図15(A)のようになる。図15に示した波長変換器10Aに図14の場合とは異なる種類のエッチング処理を施すことにより、波長変換器10Aには、次の図16に示すように、断面線STに沿って導波路リッジが形成される。

【0075】

図16(A)は、波長変換器10Aの製造方法における導波路リッジの製造工程を示した上面図である。図16(B)は、図16(A)の断面線STにおける波長変換器10Aの断面構造を示した断面図である。

【0076】

図16(B)を参照して、波長変換器10Aは、図14と異なる種類のエッチングを施されることにより、絶縁膜55bがマスクされている箇所の下部を除き、n型のInPクラッド層52、InGaAsP光増幅層53、およびp型のInPクラッド層54が除去される。その結果、波長変換器10Aには、図16(B)に示すように、断面線STに沿って導波路リッジが形成される。以上に示した導波路リッジの製造工程により、波長変換器10Aは、上面から見て、図16(A)のようになる。なお、導波路リッジが形成された後、絶縁膜55bは除去される。

【0077】

図17(A)は、波長変換器10Aの製造方法における埋込成長の製造工程を示した上面図である。図17(B)は、図17(A)の断面線STにおける波長変換器10Aの断面構造を示した断面図である。

【0078】

図17(B)を参照して、n型のInP基板51上であって、図16に示した導波路リッジの製造工程において形成された導波路リッジの両側面に、p型のInP層58a、58bがそれぞれ形成される。p型のInP層58a、58bの内部には、n型のInP層59a、59bがそれぞれ埋込成長される。p型のInP層58a、p型のInPクラッド層54およびp型のInP層58bの上部には、p型のInPクラッド層60およびコンタクト層61が順に形成される。

【0079】

以上に示した埋込成長の製造工程により、波長変換器10Aは、上面から見て、図17(A)のようになる。ただし、図17(A)の波長変換器10A上に描かれた破線WGは、InGaAsP光増幅層53またはInGaAsP光導波層57が内部に形成されている箇所を示したものである。

【0080】

図18(A)は、波長変換器10Aの製造方法における表面電極の製造工程を示した上面図である。図18(B)は、図18(A)の断面線STにおける波長変換器10Aの断面構造を示した断面図である。

【0081】

図18(B)を参照して、波長変換器10Aは、導波路リッジの両側面がメサ構造となるように、p型のInP層58a、58bおよびp型のInPクラッド層60の各外側面に対して傾斜が設けられる。当該傾斜が設けられた後、波長変換器10Aは、全面に絶縁膜62が形成される。

【0082】

次に、主電極31、32または補助電極41、42が形成される箇所(図6参照)における絶縁膜62を除去し、絶縁膜62の開口を形成する。続いて、コンタクト用電極63を全面に形成する。なお、コンタクト用電極63は、絶縁膜62の開口部以外は最終的に除去され、残った部分が、図6の主電極31、32または補助電極41、42となる。以上に示した表面電極の製造工程により、波長変換器10Aは、上面から見て、図18(A)のようになる。

【0083】

この後、裏面電極の製造工程として、n型のInP基板51の裏面（図13～18の製造工程が行なわれた面の反対面）を研磨することにより、n型のInP基板51の基板厚を100 μ m程度にまで薄くする。その後、当該裏面に、図6の主電極31、32または補助電極41、42と対をなす電極を形成する。なお、実施の形態8で説明した波長変換器10Aの製造工程の記載順序は、一例であって、必ずしも当該製造工程の順序に限られる訳ではない。

【0084】

以上のように、実施の形態8によれば、上記に示した各製造工程にしたがって波長変換器10A～10Gを作製することにより、入力信号光の強度は、補助電極によって減衰しなくなる。

【0085】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】この発明の実施の形態による波長変換器を説明する背景としての波長変換器500の構成を概略的に示した概略構成図である。

【図2】半導体光増幅器810に入力される入力信号光Psの強度に応じて、半導体光増幅器810中のキャリア密度がどのように変化するかを示した図である。

【図3】半導体光増幅器810に入力される入力信号光Psの強度に応じて、直流光Pcの分岐間位相差がどのように変化するかを示した図である。

【図4】波長変換器500に入力される入力信号光Psの強度に応じて、出力信号光Poの強度がどのように変化するかを示した図である。

【図5】この発明の実施の形態による波長変換器を説明する背景としての波長変換器100の構成を概略的に示した概略構成図である。

【図6】この発明の実施の形態1による波長変換器10Aの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図7】この発明の実施の形態2による波長変換器10Bの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図8】この発明の実施の形態3による波長変換器10Cの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図9】この発明の実施の形態4による波長変換器10Dの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図10】この発明の実施の形態5による波長変換器10Eの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図11】この発明の実施の形態6による波長変換器10Fの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図12】この発明の実施の形態7による波長変換器10Gの構成を概略的に示した概略構成図である。

【図13】この発明の実施の形態8による波長変換器10Aの製造方法における光増幅層の製造工程を説明するための図である。

【図14】この発明の実施の形態8による波長変換器10Aの製造方法における光導波層の製造工程を説明するための図である。

【図15】この発明の実施の形態8による波長変換器10Aの製造方法における導波路の製造工程を説明するための図である。

【図16】この発明の実施の形態8による波長変換器10Aの製造方法における導波路リッジの製造工程を説明するための図である。

【図 17】 この発明の実施の形態 8 による波長変換器 10A の製造方法における埋込成長の製造工程を説明するための図である。

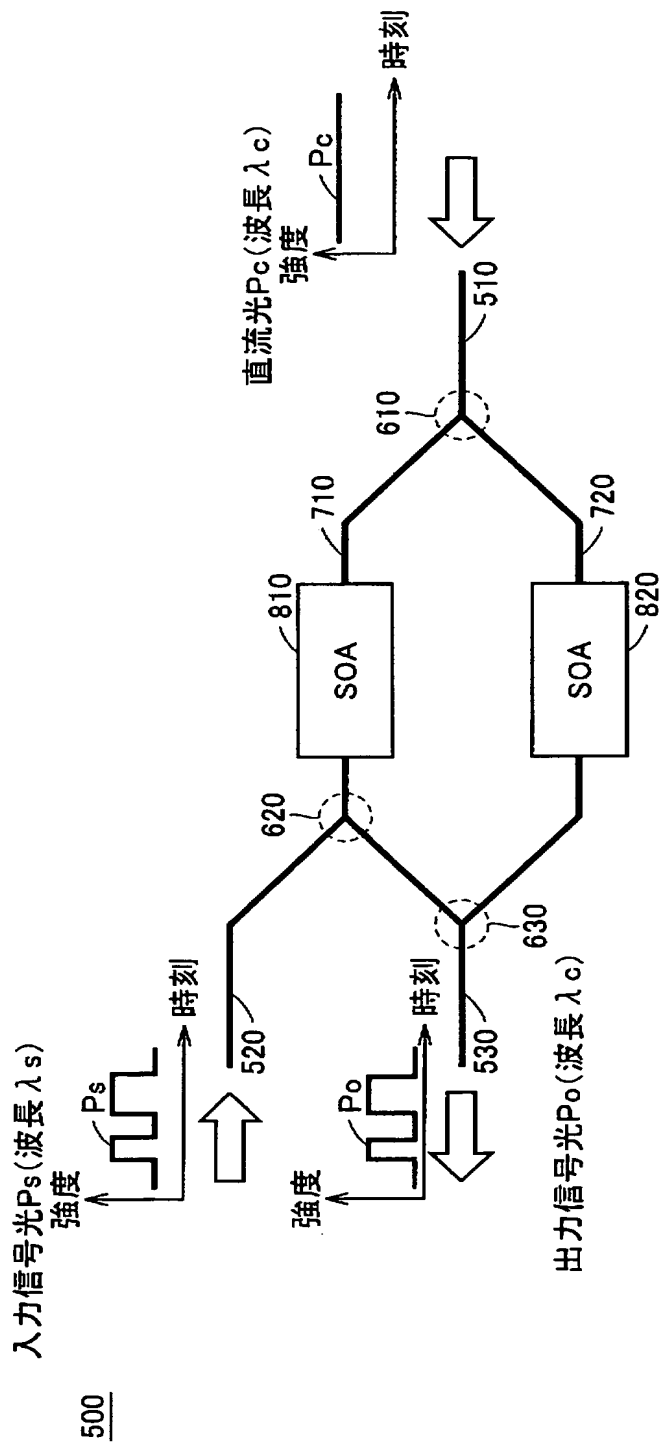
【図 18】 この発明の実施の形態 8 による波長変換器 10A の製造方法における表面電極の製造工程を説明するための図である。

【符号の説明】

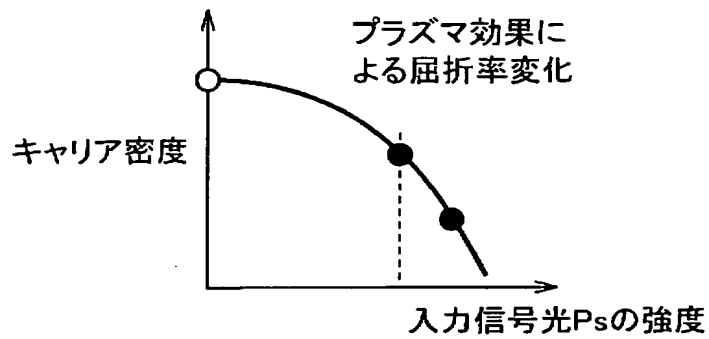
【0087】

10A～10G, 100, 500 波長変換器、11～14, 111～114, 610, 620, 630 分岐部、21, 22, 121, 122, 710, 720 アーム、31, 32, 131, 132 主電極、41～44, 141, 142 補助電極、51 n 型 InP 基板、52 n 型 InP クラッド層、53 InGaAsP 光増幅層、54 p 型 InP クラッド層、55a, 55b, 62 絶縁膜、56 i 型 InP 層、57 InGaAsP 光導波層、58a, 58b p 型 InP 層、59a, 59b n 型 InP 層、60 p 型 InP クラッド層、61 コンタクト層、63 コンタクト用電極、510 直流光入力ポート、520 信号光入力ポート、530 信号光出力ポート、810, 820 半導体光増幅器。

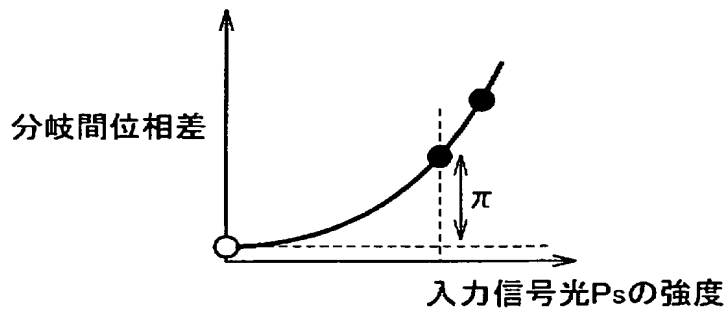
【書類名】 図面
【図 1】



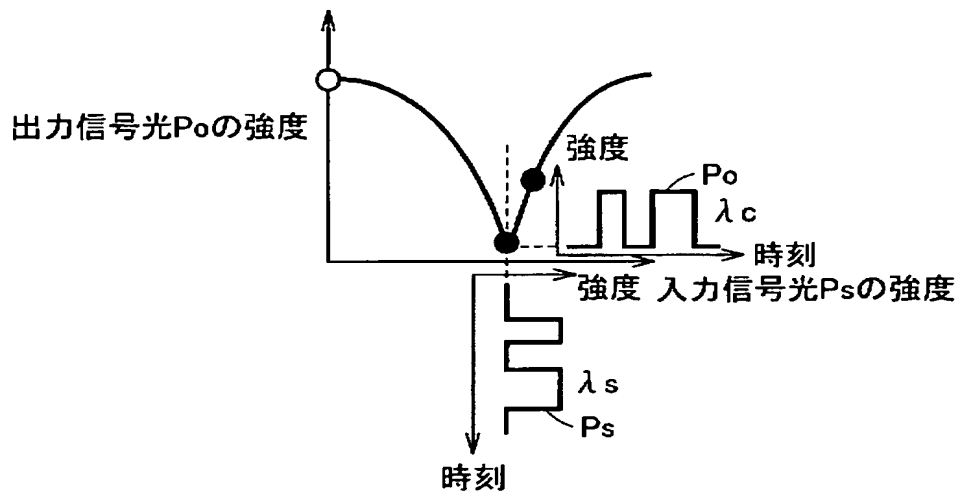
【図 2】



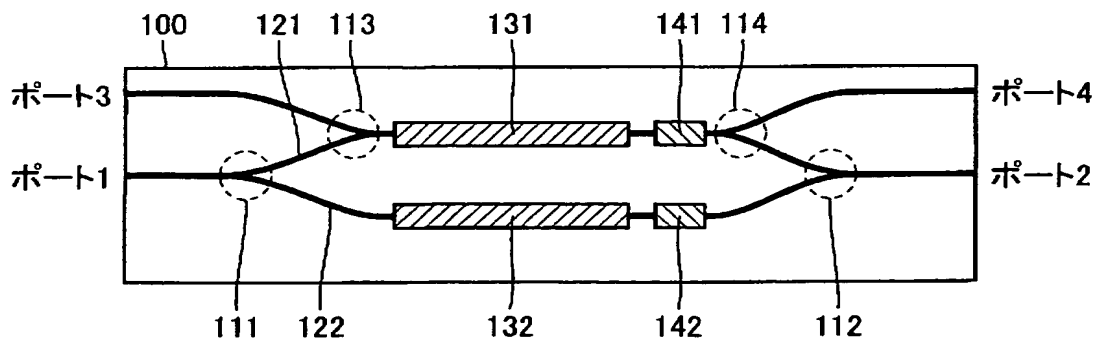
【図 3】



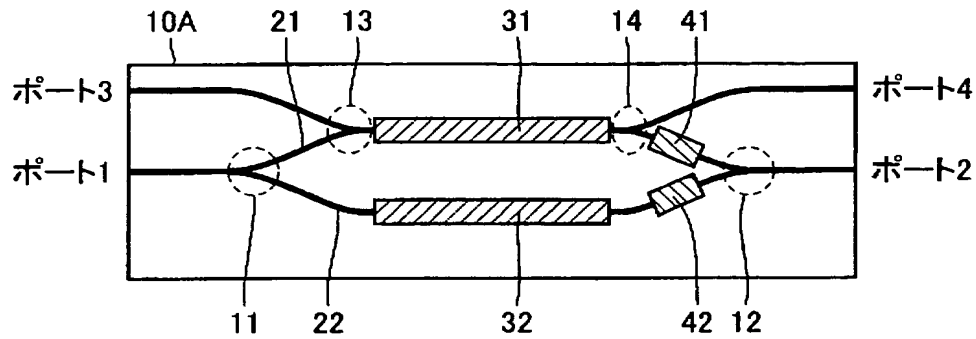
【図 4】



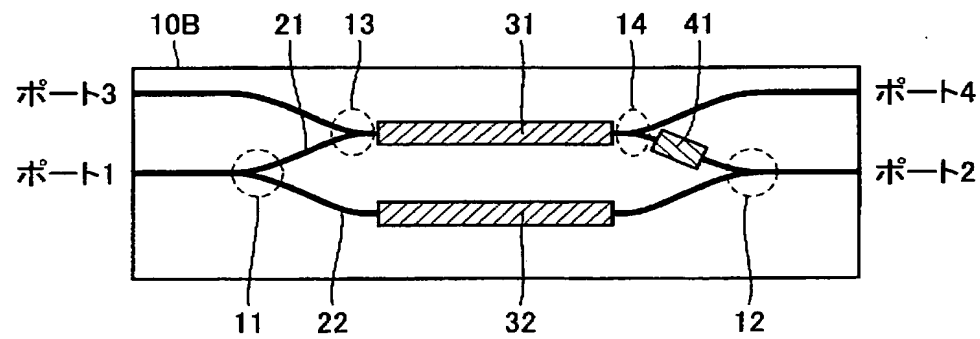
【図 5】



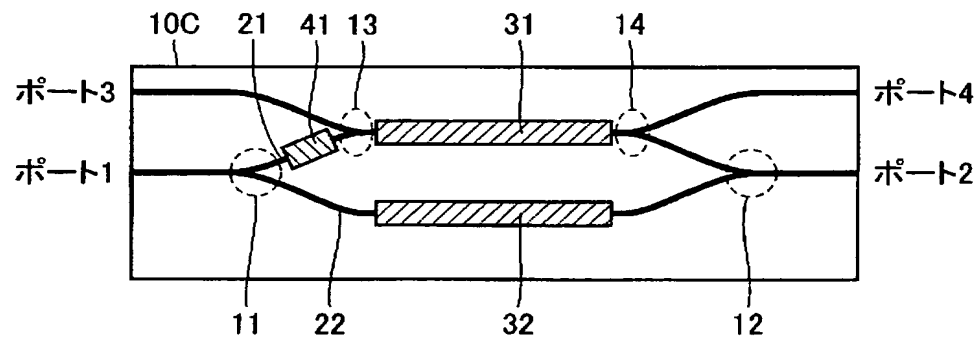
【図 6】



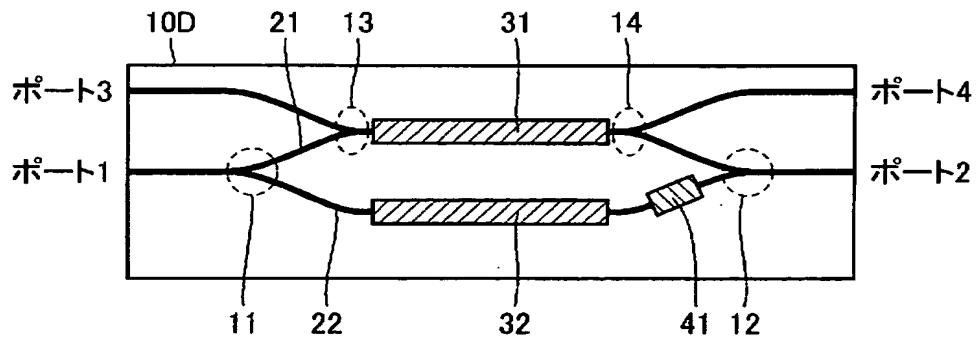
【図 7】



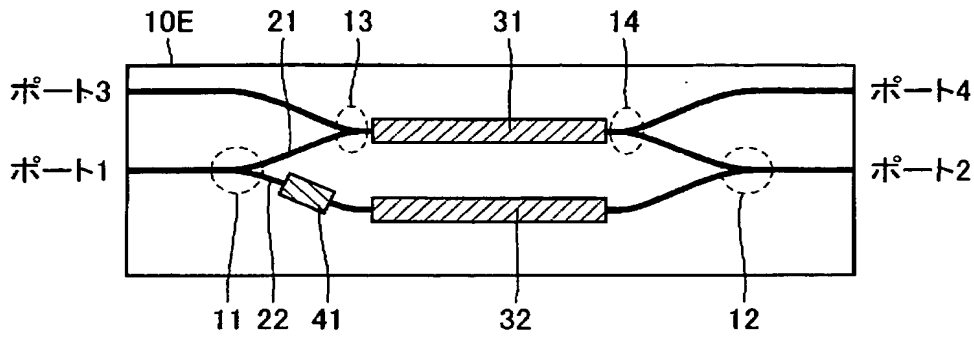
【図 8】



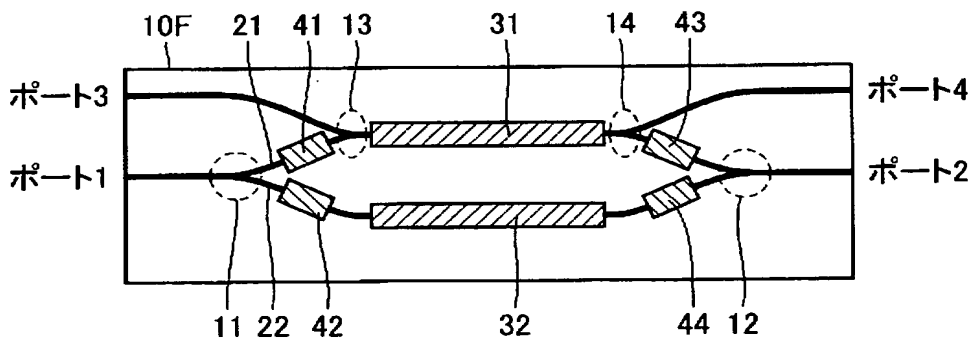
【図 9】



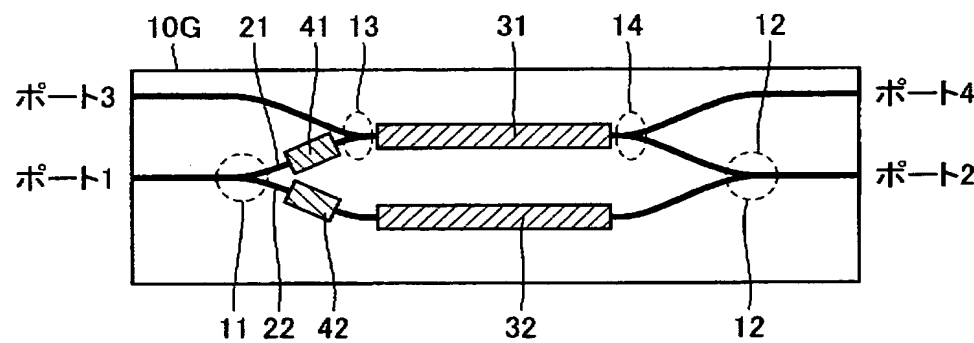
【図 10】



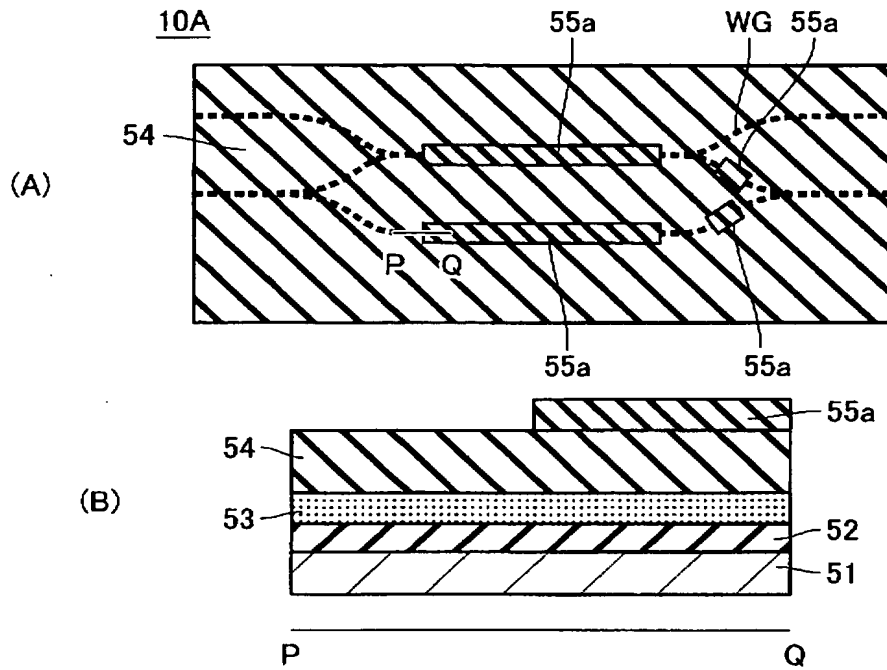
【図 11】



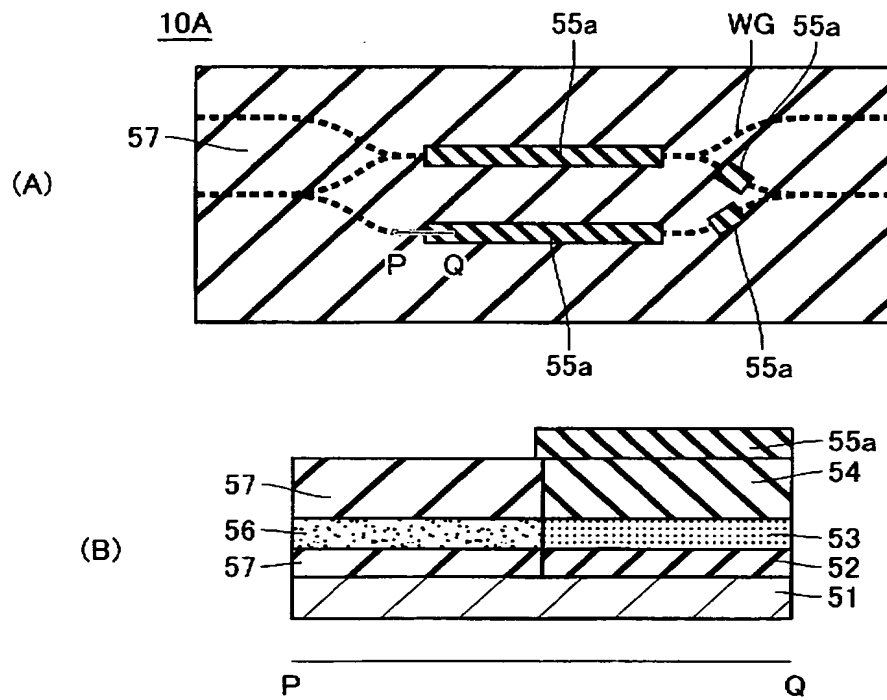
【図 12】



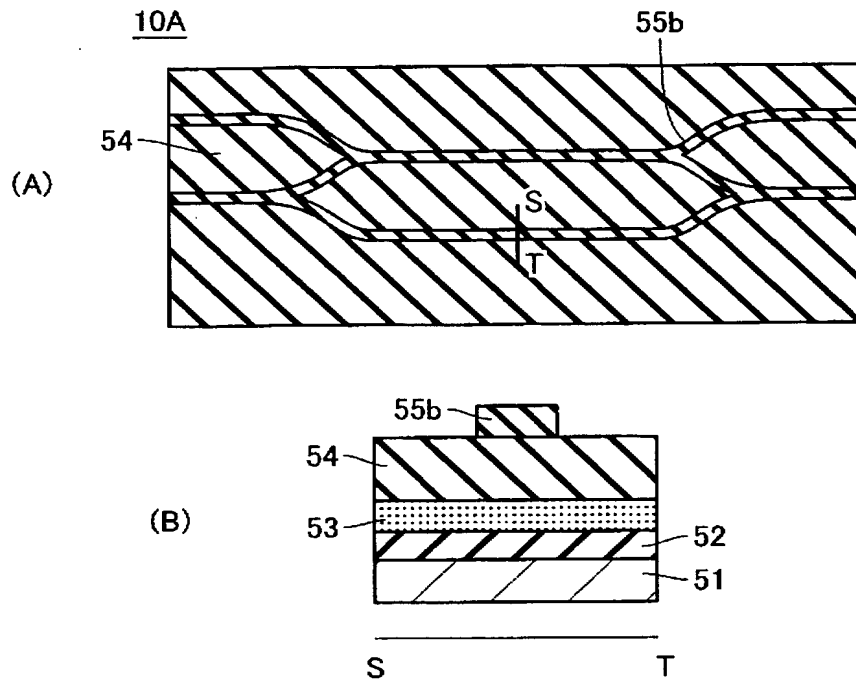
【図 13】



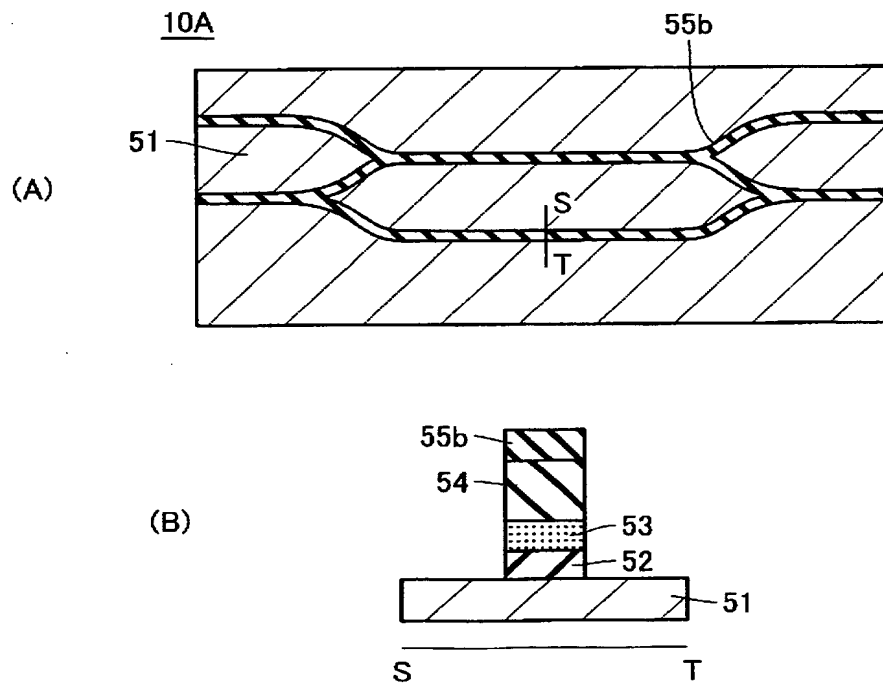
【図 14】



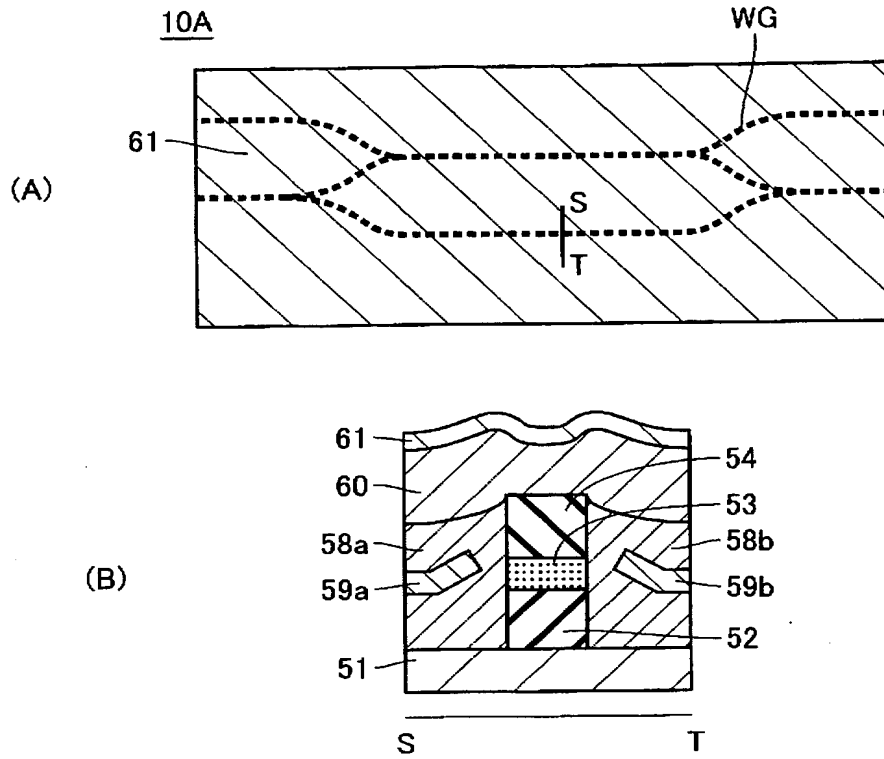
【図 15】



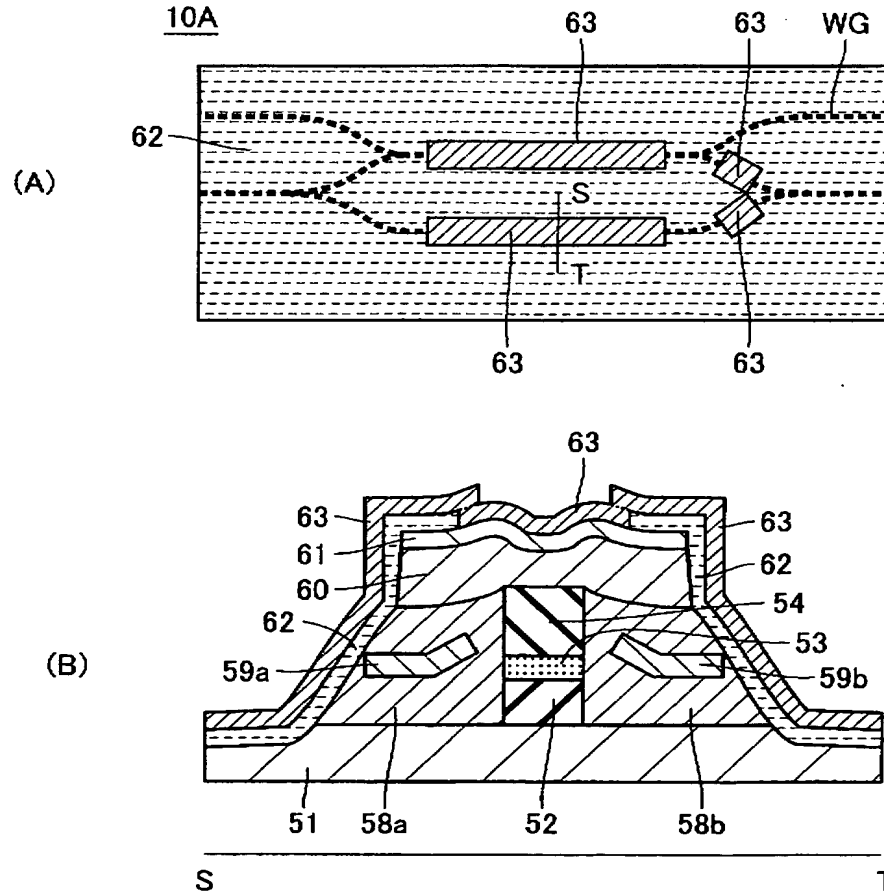
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 入力信号光の強度が位相制御用素子（補助電極）によって減衰しない光機能素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 主電極 31 は、アーム 21 上の分岐部 13 と分岐部 14 との間に配置される。補助電極 41 は、アーム 21 上の分岐部 12 と分岐部 14 との間に配置される。主電極 32 および補助電極 42 は、アーム 22 上の分岐部 11 と分岐部 12 との間に配置される。ただし、主電極 32 はアーム 22 上のポート 1 側に、補助電極 42 はアーム 22 上のポート 2 側に、それぞれ配置されるものとする。このように補助電極 41, 42 を配置することによって、ポート 3 またはポート 4 から入力される入力信号光は、補助電極 41, 42 より先に主電極 31 に作用するため、補助電極 41, 42 の影響を受けない。したがって、入力信号光の強度は、補助電極 41, 42 によって減衰しなくなる。

【選択図】 図 6

特願 2 0 0 3 - 4 1 8 5 1 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号
氏 名	三菱電機株式会社